

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 8 月 1 9 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 0 7 8 5 3
Application Number:

〔ST. 10/C〕: [J P 2 0 0 3 - 2 0 7 8 5 3]

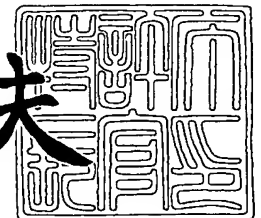
出 願 人 富 士 写 真 フ ィ ル ム 株 式 会 社
Applicant(s):

Tomoo SATOH Q77623
ULTRASONIC PROBE AND ULTRASONIC
TRANSMITTING AND RECEIVING METHOD
USING THE SAME
Filing Date: September 26, 2003
Alan J. Kasper 202-293-7060
____ (2) of 2.

2 0 0 3 年 9 月 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 502081

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A61B 8/00
G01H 9/00
G01S 15/02

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 佐藤 智夫

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100100413

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡部 温

【選任した代理人】

【識別番号】 100110777

【弁理士】

【氏名又は名称】 宇都宮 正明

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-285948

【出願日】 平成14年 9月30日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 033189

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9909552

【包括委任状番号】 0000020

【プルーフの要否】 要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 超音波用探触子及びそれを用いた超音波送受信装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外部の装置本体に接続されて使用される超音波用探触子であって、

複数の超音波トランスデューサを含むトランスデューサアレイと、

前記複数の超音波トランスデューサの内の選択された超音波トランスデューサを前記外部の装置本体に接続するために用いられる接続手段と、

前記トランスデューサアレイ内における前記選択された超音波トランスデューサの配置情報及び／又は特性情報に関連付けられた前記超音波用探触子の識別情報を保持する識別情報保持手段と、
を具備する超音波用探触子。

【請求項 2】 前記接続手段が、前記識別情報保持手段に保持されている前記超音波用探触子の識別情報を前記外部の装置本体に供給する配線及び電極を含む、請求項 1 記載の超音波用探触子。


【請求項 3】 外部の装置本体に接続されて使用される超音波用探触子であって、

複数の超音波トランスデューサを含むトランスデューサアレイと、

複数の電極を有し、前記複数の超音波トランスデューサの内の選択された超音波トランスデューサを前記外部の装置本体に接続するために用いられるコネクタであって、前記選択された超音波トランスデューサと前記複数の電極との間の接続関係が、複数の超音波用探触子について 2 種類以上存在する前記コネクタと、
を具備する超音波用探触子。

【請求項 4】 複数の超音波トランスデューサを含むトランスデューサアレイと、前記複数の超音波トランスデューサの内の選択された超音波トランスデューサを超音波送受信装置本体に接続するために用いられる接続手段と、識別情報を保持する識別情報保持手段とを含む超音波用探触子と接続して用いられる超音波送受信装置であって、

複数の駆動信号をそれぞれ生成して前記超音波用探触子に供給することにより



、前記超音波用探触子から超音波ビームを送信させる複数の送信回路と、
超音波エコーを受信した前記超音波用探触子から出力される複数の検出信号を
それぞれ処理する複数の受信回路と、

識別情報に基づいて識別された超音波用探触子に対応して、前記複数の送信回路における複数の駆動信号の遅延量及び／又は前記複数の受信回路における複数の検出信号の遅延量を制御する制御手段と、
を具備する超音波送受信装置。

【請求項 5】 前記制御手段が、複数の超音波用探触子に関する選択された超音波トランスデューサの配置情報及び／又は特性情報に基づいて予め遅延量を計算し、それぞれの超音波用探触子の識別情報に対応して遅延量テーブルを記録手段に記録させる、請求項 4 記載の超音波送受信装置。

【請求項 6】 前記制御手段が、前記接続手段によって供給される識別情報に対応する遅延量テーブルを前記記録手段に読み出させる、請求項 5 記載の超音波送受信装置。


【請求項 7】 複数の超音波トランスデューサを含むトランスデューサアレイと、前記複数の超音波トランスデューサの内の選択された超音波トランスデューサを超音波送受信装置本体に接続するために用いられる接続手段と、識別情報を保持する識別情報保持手段とを含む超音波用探触子と接続して用いられる超音波送受信装置であって、

複数の駆動信号をそれぞれ生成して前記超音波用探触子に供給することにより、
前記超音波用探触子から超音波ビームを送信させる複数の送信回路と、

超音波エコーを受信した前記超音波用探触子から出力される複数の検出信号をそれぞれ処理する複数の受信回路と、

識別情報に基づいて識別された超音波用探触子に対応して、前記複数の送信回路における複数の駆動信号の振幅及び／又は波形を制御する制御手段と、
を具備する超音波送受信装置。

【請求項 8】 複数の超音波トランスデューサを含むトランスデューサアレイと、前記複数の超音波トランスデューサの内の選択された超音波トランスデューサを超音波送受信装置本体に接続するために用いられる接続手段と、識別情報



を保持する識別情報保持手段とを含む超音波用探触子と接続して用いられる超音波送受信装置であって、

複数の駆動信号をそれぞれ生成して前記超音波用探触子に供給することにより、前記超音波用探触子から超音波ビームを送信させる複数の送信回路と、

超音波エコーを受信した前記超音波用探触子から出力される複数の検出信号をそれぞれ処理する複数の受信回路と、

識別情報に基づいて識別された超音波用探触子に対応して、前記複数の受信回路における利得及び／又は帯域幅を制御する制御手段と、
を具備する超音波送受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波を送受信して生体内臓器等を観察するために用いられる超音波用探触子及び超音波送受信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、超音波を送受信して3次元画像を取得するためには、位置センサ付きの1次元センサアレイを用いて、受信する超音波を電氣的にステアリングさせて深度方向の断面に関する2次元画像を取得し、さらに、この1次元センサアレイを機械的に移動させて取得した複数の2次元画像を合成して3次元画像を作成していた。しかしながら、この手法によれば、1次元センサアレイの機械的な移動においてタイムラグがあるため、異なる時刻における複数の2次元画像を合成することになるので、合成された画像がぼけたものになってしまう。従って、この手法は、生体のような、動きを伴う被写体のイメージングには適していない。

【0003】

このような欠点を解消するためには、2次元センサアレイを用いて3次元画像を取得する方が有利である。ところが、2次元センサアレイに含まれる超音波検出素子の数は、1次元センサアレイに比較して非常に多くなるため、新たな問題が生じている。例えば、80×80素子程度の2次元センサアレイを用いる場合

には、全素子を使用して超音波を受信することが理想的である。しかしながら、素子数が多くなると、2次元センサアレイの製造において配線が複雑化する等の問題が生じる。また、超音波検出素子により超音波を検出して得られた検出信号を処理するための電気回路のチャンネル数は、超音波検出素子の数と同じ数だけ必要であるため、電気回路が複雑化するという問題も生じる。

【0004】

そのような事情から、検出信号を処理する電気回路のチャンネル数を低減するために、2次元に配置された複数の超音波検出素子の中から一部の超音波検出素子のみを使用する「疎のアレイ」(スパースアレイ: sparse array) が用いられている。

【0005】

例えば、下記の非特許文献1には、超音波用探触子の開口内に 40×40 個の超音波トランスデューサを設け、その内の3割程度の超音波トランスデューサを使用するスパースアレイが開示されている。また、下記の非特許文献2には、サイドローブを減らして良質の音場を得るように検討されたスパースアレイの配置が開示されている。

【0006】

【非特許文献1】

リチャード・E・ダビッドセン (Richard E. Davidson) 等「マルチレイヤーフレキシブル回路相互連結を用いた医用超音波のための2次元アレイ (TWO-DIMENSIONAL ARRAYS FOR MEDICAL ULTRASOUND USING MULTILAYER FLEXIBLE CIRCUIT INTERCONNECTION)」、IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL, Vol. 45, NO. 2 (米国)、1998年3月、p. 338-p. 348

【非特許文献2】

リチャード・E・ダビッドセン (Richard E. Davidson) 等「リアルタイム体積測定撮像のための2次元ランダムアレイ (TWO—

DIMENSIONAL RANDOM ARRAYS FOR REAL TIME VOLUMETRIC IMAGING)」、ULTRASONIC IMAGING、Vol. 16 (米国) アカデミックプレス (Academic Press) 社、1994年、p. 143-p. 163

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、複数の超音波トランスデューサを含むトランスデューサアレイを製造する場合には、各々の超音波トランスデューサが所定の性能で動作するか否かの検査が行われ、1つでも仕様を満たさない超音波トランスデューサがあると、そのトランスデューサアレイは不良品として扱われていた。特に、2次元トランスデューサアレイは、1次元トランスデューサアレイに比べて、超音波トランスデューサの数が多く、かつ超音波トランスデューサのサイズが小さいため、不良品の発生確率は増大する。

【0008】

上述したようなスパースアレイを用いて超音波用探触子を製造する場合には、超音波用探触子の開口内の全ての超音波トランスデューサを使用する場合に比べて、使用する超音波トランスデューサの数が少ないので、その分、不良品が発生する確率は低くなる。しかしながら、スパースアレイのデザインによって使用される予定の超音波トランスデューサの中に1つでも仕様を満たさない超音波トランスデューサがあると、そのトランスデューサアレイは不良品として扱われるので、トランスデューサアレイの製造における歩留まりが低下してしまう。

【0009】

本発明は、上記のような事情を考慮してなされたものであり、その目的は、本来の仕様を満たさない超音波トランスデューサを含むトランスデューサアレイであっても画像の品質には影響のない範囲で使用することができ、トランスデューサアレイの製造における歩留まりを向上させることができる超音波用探触子及びそれを用いた超音波送受信装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明の1つの観点に係る超音波用探触子は、外部の装置本体に接続されて使用される超音波用探触子であって、複数の超音波トランスデューサを含むトランスデューサアレイと、複数の超音波トランスデューサの内の選択された超音波トランスデューサを外部の装置本体に接続するために用いられる接続手段と、トランスデューサアレイ内における選択された超音波トランスデューサの配置情報及び／又は特性情報に関連付けられた超音波用探触子の識別情報を保持する識別情報保持手段とを具備する。

【0011】

また、本発明の1つの観点に係る超音波送受信装置は、複数の超音波トランスデューサを含むトランスデューサアレイと、複数の超音波トランスデューサの内の選択された超音波トランスデューサを超音波送受信装置本体に接続するために用いられる接続手段と、識別情報を保持する識別情報保持手段とを含む超音波用探触子と接続して用いられる超音波送受信装置であって、複数の駆動信号をそれぞれ生成して超音波用探触子に供給することにより、超音波用探触子から超音波ビームを送信させる複数の送信回路と、超音波エコーを受信した超音波用探触子から出力される複数の検出信号をそれぞれ処理する複数の受信回路と、識別情報に基づいて識別された超音波用探触子に対応して、複数の送信回路における複数の駆動信号の遅延量及び／又は複数の受信回路における複数の検出信号の遅延量を制御する制御手段とを具備する。

【0012】

本発明によれば、仕様を満たさない超音波トランスデューサを避けて、使用すべき超音波トランスデューサを選択することにより、1つのトランスデューサアレイにおいて使用される超音波トランスデューサの配置を決定する。さらに、使用される超音波トランスデューサの配置情報及び／又は特性情報を、その超音波用探触子の識別情報に関連付けて記録しておき、超音波送受信装置本体においてそれを利用する。従って、仕様を満たさない超音波トランスデューサを含むために使用できなかったトランスデューサアレイを使用することが可能となり、トランスデューサアレイの製造における歩留まりを向上させることができる。なお、本願においては、トランスデューサアレイを構成する1エレメント分のトランス

デューサを、「超音波トランスデューサ」という。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

図1は、本発明の一実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。図1に示すように、この超音波送受信装置は、被検体に当接させて用いられる超音波用探触子（プローブ）1と、超音波用探触子1に接続された超音波送受信装置本体2と、これらを接続するためのコネクタ3とを含んでいる。コネクタ3は、超音波用探触子1の配線が接続された1次側コネクタ3aと、超音波送受信装置本体2の配線が接続された2次側コネクタ3bとによって構成される。なお、1次側コネクタ3aが超音波用探触子1に固定されていても良いし、2次側コネクタ3bが超音波送受信装置本体2に固定されていても良い。

【0014】

超音波用探触子1は、2次元マトリックス状に配列された N^2 個の超音波トランスデューサを含むトランスデューサアレイ（以下においては、「アレイトランスデューサ」ともいう）11と、探触子識別情報保持部12とを有する。 N^2 個の超音波トランスデューサの内の m 個が超音波の送信に使用され、 n 個が超音波の受信に使用される。ただし、 $m, n < N^2$ である。これらの超音波トランスデューサは、信号線13及びコネクタ3を介して超音波送受信装置本体2と接続される。

【0015】

超音波トランスデューサとしては、例えば、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛：Pb(lead) zirconate titanate）に代表される圧電セラミックや、PVDf（ポリフッ化ビニリデン：polyvinyl difluoride）等の高分子圧電素子が用いられる。また、近年において、超音波トランスデューサの感度及び帯域向上に寄与するとして期待が寄せられているPZNT（鉛、亜鉛、ニオブ、チタンを含む酸化物）単結晶を含む圧電素子を用いても良い。

【0016】

探触子識別情報保持部 12 は、個々の超音波用探触子を識別するために用いられるシリアルナンバー等の探触子識別情報を保持している。この探触子識別情報は、アレイトランスデューサ 11 に含まれている複数の超音波トランスデューサの中で実際に使用される超音波トランスデューサの配置情報及び／又は特性情報に関連付けられている。探触子識別情報保持部 12 において、例えば、K 本の探触子識別線 14 の各々を接地電位に接続するかオープン状態とするかにより、K ビットの探触子識別情報を保持することができる。なお、このような電氣的な探触子識別情報保持部 12 を用いずに、単に超音波用探触子 1 にシリアルナンバー等を表示することにより、オペレータが個々の超音波用探触子を識別して超音波送受信装置本体 2 を操作するようにしても良い。

【0017】

コネクタ 3a 又は 3b においては、従来使用していなかった電極を、探触子識別のために使用している。具体的には、図 2 に示すように、信号用（ホット側）電極 31 及び GND 用（グランド側）電極 32 の他に、K 本の探触子識別線 14 を超音波送受信装置本体 2 に接続するために探触子識別用電極 33 が設けられている。図 2 に示すコネクタにおいては、探触子識別のために、両側の 2×10 個の電極（ピン）が用いられる。例えば、各ピンを接地電位に接続するかオープン状態とするかによって、20 個のピンのそれぞれに 2 値を割り当てる。これにより、 $(2^20 - 1)$ 通りの識別が可能である。

【0018】

再び図 1 を参照すると、超音波送受信装置本体 2 は、複数の送信回路 21 と、複数の受信回路 22 と、信号処理部 23 と、画像処理部 24 と、記憶部 25 と、表示部 26 と、制御部 27 と、記録部 28 とを含む。制御部 27 は、K ビットの探触子識別情報に基づいて個々の超音波用探触子を識別し、その超音波用探触子において使用する超音波トランスデューサの配置に対応する遅延量テーブルを記録部 28 から読み出し、これに基づいて複数の送信回路 21 及び複数の受信回路 22 における各チャンネルの遅延量を制御する。記録部 28 においては、ハードディスク、フレキシブルディスク、MO、MT、RAM、CD-ROM、又は DVD-ROM 等の記録媒体を用いることができる。1 つの超音波用探触子に対応

する遅延量テーブルを1つのフレキシブルディスクに記録して、その超音波用探触子と共に供給することも考えられる。あるいは、超音波送受信装置本体2をネットワーク等の通信手段に接続し、このネットワーク等を経由して超音波探触子に対応する遅延量テーブルについてのデータの受け渡しを行っても良い。

【0019】

複数の送信回路21は、制御部27の制御の下で、その超音波用探触子において使用する超音波トランスデューサの配置等に対応する遅延量を有する複数の駆動信号をそれぞれ生成して超音波用探触子1に供給する。これにより送信ビームフォーミングが行われて、超音波用探触子1は、所望の方向に超音波ビームを送信する。複数の受信回路22は、超音波エコーを受信した超音波用探触子1から出力される複数の検出信号に対して、増幅や遅延等の処理をそれぞれ施す。送信回路21は、Tx1からTxmまでmチャンネル分あり、受信回路22は、Rx1からRxnまでnチャンネル分ある。

【0020】

信号処理部23は、複数の受信回路22から出力される遅延処理が施された検出信号を加算する。これにより、受信ビームフォーミングが行われる。また、信号処理部23は、加算された検出信号に基づいて、画像データを生成する。画像処理部24は、信号処理部23から出力される画像データを記憶部25に一旦記憶させながら画像処理を施す。画像処理部24から出力される画像信号に基づいて、表示部26に超音波画像が表示される。

【0021】

次に、本発明の特徴である超音波トランスデューサの配置について説明する。本発明の特徴は、2次元アレイトランスデューサにおいて、不良と判定された超音波トランスデューサの替りに、他の超音波トランスデューサを使用できるようにする点にある。本発明の考え方の前提として、図3に示すような送信用及び受信用の超音波トランスデューサの配置パターンを例にとって説明する。この例においては、簡単のため、全ての超音波トランスデューサ（素子）の数を 41×41 個としている。

【0022】

送信には、アレイトランスデューサの中心を中心として17素子分の直径を有する略円内にある全素子を使用する。この場合において、送信用の素子数は226個となる。このようにして配置された送信用の超音波トランスデューサの配置パターンを、図3の(a)に示す。

【0023】

一方、受信に使用される超音波トランスデューサの配置パターンは、以下の条件(1)～(3)を満たすように決定される。

(1) 直交する2軸(X軸とY軸)により分割される4つの象限に存在する素子数がバランスしている。

(2) アレイトランスデューサの中心から複数の同心円を描いて受信領域を区切った場合に、隣接する2つの同心円によって区切られた受信領域に存在する素子数は、その領域の面積に比例する。

(3) 上記の条件(1)及び(2)を満たしながら、素子が乱数に従ってランダムに配置される。

このようにして配置された受信用の超音波トランスデューサの配置パターンを、図3の(b)に示す。また、図3の(a)及び(b)を合成して得られる送信又は受信用の超音波トランスデューサのパターンを、図3の(c)に示す。

【0024】

本実施形態における超音波用探触子に用いるアレイトランスデューサの製造に際しては、望ましくは全ての超音波トランスデューサについて、送信特性及び受信特性を測定するための検査を行う。

【0025】

図4は、製造されたアレイトランスデューサの送信特性を検査するために使用される第1の検査装置を模式的に示す図である。この検査装置は、検査対象であるアレイトランスデューサ103に含まれている超音波トランスデューサにパルス状の駆動信号を供給するパルサ回路100と、超音波トランスデューサから送信される超音波信号を検出するハイドロホーン106と、ハイドロホーン106から出力される検出信号を増幅してフィルタリングを行うレシーバ101と、レシーバ101から出力される検出信号の波形を観測するオシロスコープ102と

を含んでおり、超音波トランスデューサが電気信号を超音波信号に変換する特性を測定する。

【0026】

アレイトランスデューサ103は、水が満たされた水槽104に浸けられ、アレイトランスデューサ103とハイドロホーン106の上面との間は、所定の距離Lだけ離れている。パルサ回路100からアレイトランスデューサ103に含まれている1つの超音波トランスデューサに駆動信号を供給して、この超音波トランスデューサから超音波を送信させる。この超音波トランスデューサの直下にハイドロホーン106を誘導し、超音波を受信したハイドロホーン106から出力される検出信号をレシーバ101が増幅する。オシロスコープ102は、駆動信号の波形 $V_T(t)$ と検出信号の波形 $V_R(t)$ とを記録する。

【0027】

検出信号の波形をモニタしながら、駆動信号の波形や振幅を調整することにより、使用する全ての超音波トランスデューサにおいて、均一な送信波形が得られるようにする。

【0028】

図5は、製造されたアレイトランスデューサの受信特性を検査するために使用される第2の検査装置を模式的に示す図である。この検査装置は、検査対象であるアレイトランスデューサ103に含まれている超音波トランスデューサにパルス状の駆動信号を供給するパルサ回路100と、超音波トランスデューサから出力される検出信号を増幅してフィルタリングを行うレシーバ101と、レシーバ101から出力される検出信号の波形を観測するオシロスコープ102とを含んでおり、超音波トランスデューサが超音波信号を電気信号に変換する特性を測定する。なお、第1の検査装置と共通する要素に関しては、それらを共用することができる。

【0029】

アレイトランスデューサ103は、水が満たされた水槽104に浸けられ、アレイトランスデューサ103と反射板105の上面との間は、所定の距離Lだけ離れている。水槽104の底には、金属の反射板105が置かれている。パルサ

回路100からアレイトランスデューサ103に含まれている1つの超音波トランスデューサに駆動信号を供給して、この超音波トランスデューサから超音波を送信させる。送信された超音波が反射板105の上面で反射することによって超音波エコーが生じ、これを受信した超音波トランスデューサから出力される検出信号をレシーバ101が増幅する。オシロスコープ102は、駆動信号の波形 $V_T(t)$ と検出信号の波形 $V_R(t)$ とを記録する。

【0030】

次に、検査装置に接続される超音波トランスデューサを交換し、他の超音波トランスデューサについても同様の検査を行う。駆動信号の波形や振幅は、第1の検査装置を用いて得られた測定結果に基づいて、使用する全ての超音波トランスデューサにおいて、均一な送信波形が得られるようにする。このようにして、アレイトランスデューサ内の全ての超音波トランスデューサが検査される。

【0031】

図6に、検査対象であるアレイトランスデューサにおける2つの超音波トランスデューサの位置を示す。ここでは、超音波トランスデューサA及び超音波トランスデューサBが示されている。図7に、アレイトランスデューサの検査において記録された波形の例を示す。図7の(a)は、駆動信号の波形 $V_T(t)$ を示し、図7の(b)及び(c)は、それぞれ超音波トランスデューサA及びBの検出信号の波形 $V_R(t)$ を示している。

【0032】

ここで、検査された超音波トランスデューサが良品か否かの判定においては、駆動信号の波形の上下のピーク差 $(V_T)_{pp}$ と、検出信号の波形の上下のピーク差 $(V_R)_{pp}$ とを比較し、両者の比が所定の値よりも大きければ良品とする。例えば、 $L=15\text{ mm}$ のとき、次式(1)を満たす場合にその超音波トランスデューサを良品と判定し、満たさなければ不良品と判定する。

$$20 \cdot \log_{10} \{ (V_R)_{pp} / (V_T)_{pp} \} > -60 \text{ dB} \quad \cdots (1)$$

【0033】

図7に示す例においては、超音波トランスデューサAは式(1)を満たすので

良品であり、超音波トランスデューサBは式(1)を満たさないので不良品である。良品と判定された超音波トランスデューサについては、検出信号の波形を高速フーリエ変換(FFT)を用いて周波数成分に変換する。さらに、検出信号の波形の上下のピーク差(V_R)ppと検出信号のスペクトルの形状を記録する。

【0034】

このようにして、アレイトランスデューサに含まれている全ての超音波トランスデューサを検査した結果、不良品と判定された超音波トランスデューサ(以下、「不良素子」ともいう)を含むアレイトランスデューサが図8に示される。図8において、升目状に配置される超音波トランスデューサの中で、黒い正方形が不良素子の位置を表している。

【0035】

本実施形態においては、検査されたアレイトランスデューサにおいて、図3に示す配置パターンの位置に不良素子が含まれていた場合に、これらの不良素子を避けて、使用すべき超音波トランスデューサの配置パターンを以下のように決定する。

【0036】

図9は、不良素子を避けて送信用の超音波トランスデューサの配置パターンを決定する過程が示されたアレイトランスデューサの模式的な図であり、図10は、不良素子を避けて送信用の超音波トランスデューサの配置パターンを決定するアルゴリズムを示すフローチャートである。

【0037】

図9に示すように、アレイトランスデューサの中心から同心円を複数描いてこのアレイトランスデューサを区切った場合に、隣接する2つの同心円によって区切られるドーナツ状リングの中で、アレイトランスデューサの中心を通過して直交するX軸とY軸によって囲まれた領域A(i, j)を考える。ここで、 i は半径方向についての変数であり、 j はX軸とY軸で区切られた各象限(第1象限I～第4象限IV)についての変数である。即ち、領域A(i, j)は、第*i*番目のドーナツ状リングの中で、第*j*象限にある領域である。

【0038】

ここで、領域 $A(i, j)$ にある全ての超音波トランスデューサの数を $N_t(i, j)$ とし、領域 $A(i, j)$ において使用する予定の良品の数を $N_u(i, j)$ とし、領域 $A(i, j)$ における不良素子の数を $N_n(i, j)$ とする。また、アレイトランスデューサにおける全リング数を I_{MAX} とし、送信に使用されるリング数を i_{TMAX} とする。但し、 $i_{TMAX} < I_{MAX}$ である。本実施形態においては、図 3 の (a) に示す当初の送信領域の周囲に、不良素子を考慮して、使用すべき素子を配置する送信領域が新たに設けられる。

【0039】

次に、図 10 に示す不良素子を避けて送信用の超音波トランスデューサの配置パターンを決定するアルゴリズムについて説明する。

まず、ステップ S11 において、 $N_c = 0$ として初期化を行う。次に、半径方向についての変数 i の値を $1 \sim i_{TMAX}$ と変化させる第 1 のループに入り、ステップ S12 において、第 1 象限～第 4 象限における不良素子数の最大値 $N_{sub} = \max(N_n(i, j = 1 \sim 4))$ を求める。ステップ S13 において、当初の送信領域 ($i = 1 \sim i_{TMAX}$) の第 1 象限～第 4 象限における不良素子数の最大値 N_{sub} を半径方向について累積した値 N_c を求める。

【0040】

次に、各象限についての変数 j の値を $1 \sim 4$ と変化させる第 2 のループに入り、ステップ S14 において、領域 $A(i, j)$ において使用しない良品数 $N = N_{sub} - N_n(i, j)$ を求める。さらに、ステップ S15 において、領域 $A(i, j)$ における不良素子の位置を読み込み、領域 $A(i, j)$ において使用しない N 個の良品を乱数に従って決定する。変数 j の値が 4 になれば第 2 のループを抜け、さらに、変数 i の値が i_{TMAX} になれば第 1 のループを抜ける。

【0041】

次に、ステップ S16 において、当初の送信領域の第 1 象限～第 4 象限における不良素子数の最大値 N_{sub} を半径方向について累積した値 N_c が、当初の送信領域の外側に隣接する 1 つの象限 (例えば、第 1 象限) の領域 $A(i+1, 1)$ における全素子数から不良素子数 (第 1 象限～第 4 象限における最大値) を引いた値 (即ち、外側に隣接する 1 つの象限における良品数の最小値) 以下である

か否かを判定する。当初の送信領域における不良素子数の累積値 N_c が外側に隣接する領域における良品数の最小値以下である場合には、ステップS17において、領域A($i+1, j$)における不良素子の位置を読み込み、領域A($i+1, 1$)において使用する N_c 個の良品を、乱数に従って決定する。このステップ後に、さらに第1象限～第4象限に配置された素子が、ほぼ等しくなるように再配置しても良い。一方、当初の送信領域における不良素子数の累積値 N_c が外側に隣接する領域における良品数の最小値よりも大きい場合には、ステップS18において、このアレイトランスデューサは不良品であると決定する。

【0042】

図11は、不良素子を避けて受信用の超音波トランスデューサの配置パターンを決定するアルゴリズムを示すフローチャートである。

まず、半径方向についての変数 i の値を $1 \sim i_{TMAX}$ と変化させる第1のループに入り、さらに、各象限についての変数 j の値を $1 \sim 4$ と変化させる第2のループに入る。次に、ステップS21において、領域A(i, j)にある全ての超音波トランスデューサの数 $N_t(i, j)$ が、領域A(i, j)において使用する予定の良品の数 $N_u(i, j)$ と領域A(i, j)における不良素子の数 $N_n(i, j)$ との和以上であるか否かを判定する。

【0043】

全ての超音波トランスデューサの数 $N_t(i, j)$ が、良品の数 $N_u(i, j)$ と不良素子の数 $N_n(i, j)$ との和以上である場合には、ステップS22において、領域A(i, j)における不良素子の位置を読み込み、領域A($i, 1$)において使用する良品を、図3に示すような配置パターンに従って決定する。配置パターンに対応する位置に不良素子がある場合には、その近傍の素子を選択する。一方、全ての超音波トランスデューサの数 $N_t(i, j)$ が、良品の数 $N_u(i, j)$ と不良素子の数 $N_n(i, j)$ との和より小さい場合には、ステップS23において、そのアレイトランスデューサは不良品であると決定して終了する。ステップS22の後に、変数 j の値が4になれば第2のループを抜け、さらに、変数 i の値が i_{TMAX} になれば第1のループを抜ける。これにより、アレイトランスデューサ内にある不良の超音波トランスデューサを避けて、受信に

使用される超音波トランスデューサが配置される。

【0044】

このようにして製造されたアレイトランスデューサを用いて、超音波用探触子が作成される。製造された複数の超音波用探触子の間においては、使用される超音波トランスデューサの配置パターンが異なっており、使用される超音波トランスデューサとそれらを外部装置本体に接続するために用いられるコネクタが有する電極との接続関係も異なっている。その結果、製造された複数の超音波用探触子の間においては、アレイトランスデューサ開口内における各々の超音波トランスデューサの位置と撮像対象との位置関係によって決まる遅延量が異なってしまう。そのため、各々の超音波用探触子にシリアルナンバー等の識別情報を付すことにより、超音波送受信装置本体2が各々の超音波用探触子を識別できるようにしている。あるいは、超音波送受信装置本体2が、超音波用探触子の型式とシリアルナンバー等との両方を識別するようにしても良い。各々の超音波用探触子において使用される超音波トランスデューサに対する遅延量は、予め超音波送受信装置本体2の記録部28に記録しておくか、又は、フレキシブルディスク等の記録媒体やネットワーク等の通信手段を用いて超音波送受信装置本体2に入力する。

【0045】

さらに、探触子識別情報を超音波トランスデューサの特性情報にも関連付けておき、超音波送受信装置本体2が各々の超音波用探触子を識別することにより、各々の超音波用探触子に合わせて送信感度又は受信感度等の特性を自動的に調整するようにしても良い。これは、以下の理由による。

【0046】

超音波用探触子の感度及び帯域を向上させるために、PZNT単結晶を用いた超音波用探触子が開発されている。しかしながら、PZNT単結晶を用いた超音波用探触子は、PZTを用いた従来の超音波用探触子に比べて、感度のばらつき（感度むら）が大きいという欠点を有している。このような感度むらを補正するためには、次のような方法が考えられる。

(1) 超音波用探触子内部に補正回路を設けて、素子毎に個別に調整する。

(2) 超音波送受信装置本体において、駆動電圧を調整し、受信ゲインを調整する。

(3) 超音波送受信装置本体側において、A/D変換後の数値データを補正する。

【0047】

2次元アレイトランスデューサを用いる場合には、素子数が多くなるので、超音波用探触子内部で素子毎に感度むらを調整することは現実的でない。一方、超音波送受信装置本体において感度むらを調整若しくは補正する場合には、超音波送受信装置本体側に各々の超音波用探触子を識別させる必要がある。この場合にも、本実施形態の手法を用いて超音波送受信装置本体に各々の超音波用探触子を識別させることにより、感度むらを自動的に調整若しくは補正することができる。各々の超音波用探触子において使用される超音波トランスデューサの特性情報（感度情報や周波数特性情報等）は、予め超音波送受信装置本体2（図1参照）の記録部28に記録しておくか、又はフレキシブルディスク等の記録媒体を用いて、又はネットワーク等を経由して超音波送受信装置本体2に入力する。

【0048】

超音波送受信装置本体2において、制御部27が、送信回路21における駆動信号の振幅を制御することにより送信感度を調整し、さらに、送信回路21における周波数特性を変えることにより駆動信号の波形を制御するようにしても良い。また、制御部27が、受信回路22における利得を制御することにより受信感度を調整し、さらに、受信回路22における帯域幅を制御することにより検出信号の波形やSN比を調整するようにしても良い。

【0049】

図12に、2次元アレイトランスデューサにおいて感度むらを自動的に調整した例を示す。図12において、横軸は超音波トランスデューサのエLEMENT番号を表し、縦軸は超音波トランスデューサの感度を表している。ELEMENT番号は、2次元アレイトランスデューサのX軸方向に、1～imaxとして与えられており、2次元アレイトランスデューサのY軸方向に、1～jmaxとして与えられている。図12に示されているのは、X軸方向における特定の1列の超音波ト

ランスデューサの感度である。検査により、これらの超音波トランスデューサの感度分布（調整前）が得られる。この感度分布が全ての超音波トランスデューサについて一定となるように駆動信号の電圧を調整することにより、均一な感度分布（調整後）が得られる。さらに、これらの超音波トランスデューサの周波数特性に関する分布を補正するようにすれば、均一な波形が得られる。

【0050】

次に、本発明の一実施形態における超音波用探触子の製造方法について、図1及び図13を参照しながら説明する。図13は、本発明の一実施形態における超音波用探触子の製造方法を示すフローチャートである。

まず、ステップS31において、複数の超音波トランスデューサを含むアレイトランスデューサ11を製作する。次に、ステップS32において、全ての超音波トランスデューサを検査する。ステップS33において、不良素子を避けて、使用すべき超音波トランスデューサを配置することにより、超音波トランスデューサの配置パターンを決定する。この配置パターンを表す配置情報及び／又は超音波トランスデューサの特性情報は、探触子識別情報に対応して、フレキシブルディスク等の記録媒体に記録される（ステップS34）。

【0051】

ステップS35において、アレイトランスデューサ11を超音波用探触子1に組み込む。ステップS36において、探触子識別情報保持部12を超音波用探触子1に取り付ける。ステップS37において、使用される超音波トランスデューサ及び探触子識別情報保持部12と1次側コネクタ3aとの間の配線を行う。これにより、超音波用探触子1が完成する。なお、超音波送受信装置本体において超音波用探触子の識別を行わない場合には、ステップS33、S34、S36を省略することもできる。

【0052】

次に、本発明の一実施形態に係る超音波送受信装置の動作について、図1及び図14を参照しながら説明する。図14は、本発明の一実施形態に係る超音波送受信装置の動作を示すフローチャートである。

ステップS41において、図13のステップS34において配置情報及び／又

は特性情報が記録されたフレキシブルディスク等の記録媒体を用いて、又はネットワーク等を経由して、超音波トランスデューサの配置パターンを表す配置情報及び／又は超音波トランスデューサの特性を表す特性情報を、探触子識別情報に対応して超音波送受信装置本体 2 に入力する。

【0053】

ステップ S 4 2 において、制御部 2 7 が、この配置情報等に基づいて各素子に対する遅延量を計算し、探触子識別情報に対応して遅延量テーブルを記録部 2 8 に記録させる。これにより、超音波用探触子に固有の遅延量情報が超音波送受信装置本体 2 に取り入れられる。なお、外部装置で遅延量を求め、遅延量テーブルをデータファイルとして超音波送受信装置本体 2 に供給しても良い。あるいは、超音波トランスデューサの配置パターンを表す配置情報等をそのまま記録部 2 8 に記録して、撮像を行う際に制御部 2 7 において各素子に対する遅延量を計算するようにしても良い。さらに、制御部 2 7 は、超音波トランスデューサの特性を表す特性情報が超音波送受信装置本体 2 に入力された場合には、これを記録部 2 8 に記録させる。

【0054】

超音波送受信装置本体 2 に超音波用探触子 1 が接続されると、制御部 2 7 は、2 次側コネクタ 3 b の探触子識別用電極 3 3 の状態に基づいて探触子識別情報を認識し、接続された超音波用探触子 1 を識別する（ステップ S 4 3）。ステップ S 4 4 において、制御部 2 7 は、探触子識別情報（シリアルナンバー等）に対応した遅延量テーブルを記録部 2 8 から読み出す。さらに、制御部 2 7 は、超音波トランスデューサの特性を表す特性情報が記録部 2 8 に記録されている場合には、これを記録部 2 8 から読み出す。

【0055】

超音波撮像が開始されると、制御部 2 7 は、記録部 2 8 から読み出された遅延量テーブルに従って、複数の送信回路 2 1 における複数の駆動信号の遅延量を制御することにより送信ビームフォーミングを行い、複数の受信回路 2 2 における複数の検出信号の遅延量を制御することにより受信ビームフォーミングを行う（ステップ S 4 5）。ここで、制御部 2 7 は、記録部 2 8 から読み出された特性情

報に基づいて、送信感度や受信感度等を調整することができる。

【0056】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、仕様を満たさない超音波トランスデューサを避けて、使用すべき超音波トランスデューサを選択することにより、1つのアレイトランスデューサにおいて使用される超音波トランスデューサの配置を決定する。さらに、使用される超音波トランスデューサの配置情報及び／又は特性情報を、その超音波用探触子の識別情報に関連付けて記録しておき、超音波送受信装置本体においてそれを利用する。従って、仕様を満たさない超音波トランスデューサを含むために使用できなかったアレイトランスデューサを使用することが可能となり、アレイトランスデューサの製造における歩留まりを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

・ 【図1】

本発明の一実施形態に係る超音波送受信装置の構成を示すブロック図である。

【図2】

図1に示すコネクタにおける電極の配置を示す図である。

【図3】

送信用及び受信用の超音波トランスデューサの配置パターンの例を示す図である。

【図4】

アレイトランスデューサの送信特性を検査するために使用される第1の検査装置を模式的に示す図である。

【図5】

アレイトランスデューサの受信特性を検査するために使用される第2の検査装置を模式的に示す図である。

【図6】

アレイトランスデューサにおける2つの超音波トランスデューサの位置を示す図である。

【図 7】

アレイトランスデューサの検査において記録された波形の例を示す図である。

【図 8】

アレイトランスデューサの検査において不良品と判定された超音波トランスデューサを有するアレイトランスデューサを示す図である。

【図 9】

不良素子を避けて送信用の超音波トランスデューサの配置パターンを決定する過程が示されたアレイトランスデューサの模式的な図である。

【図 10】

不良素子を避けて送信用の超音波トランスデューサの配置パターンを決定するアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 11】

不良素子を避けて受信用の超音波トランスデューサの配置パターンを決定するアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 12】

2次元アレイトランスデューサにおいて感度むらを自動的に調整した例を示す図である。

【図 13】

本発明の一実施形態における超音波用探触子の製造方法を示すフローチャートである。

【図 14】

本発明の一実施形態に係る超音波送受信装置の動作を示すフローチャートである。

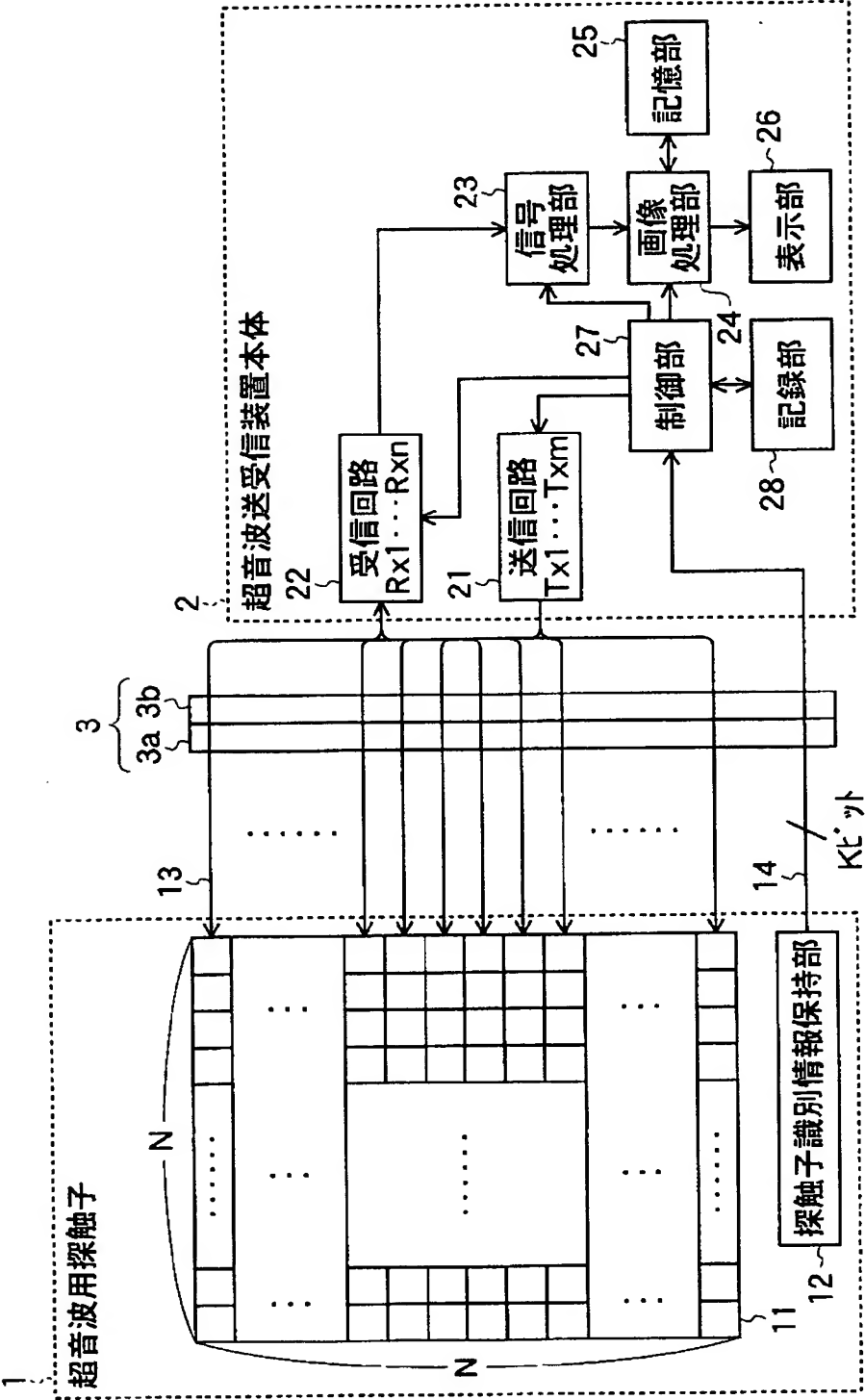
【符号の説明】

- 1 超音波用探触子
- 2 超音波送受信装置本体
- 3 コネクタ
 - 3 a 1次側コネクタ
 - 3 b 2次側コネクタ

- 3 1 信号用電極
- 3 2 GND用電極
- 3 3 探触子識別用電極
- 1 1 アレイトランスデューサ
- 1 2 探触子識別情報保持部
- 1 3 信号線
- 1 4 探触子識別線
- 2 1 送信回路
- 2 2 受信回路
- 2 3 信号処理部
- 2 4 画像処理部
- 2 5 記憶部
- 2 6 表示部
- 2 7 制御部
- 2 8 記録部

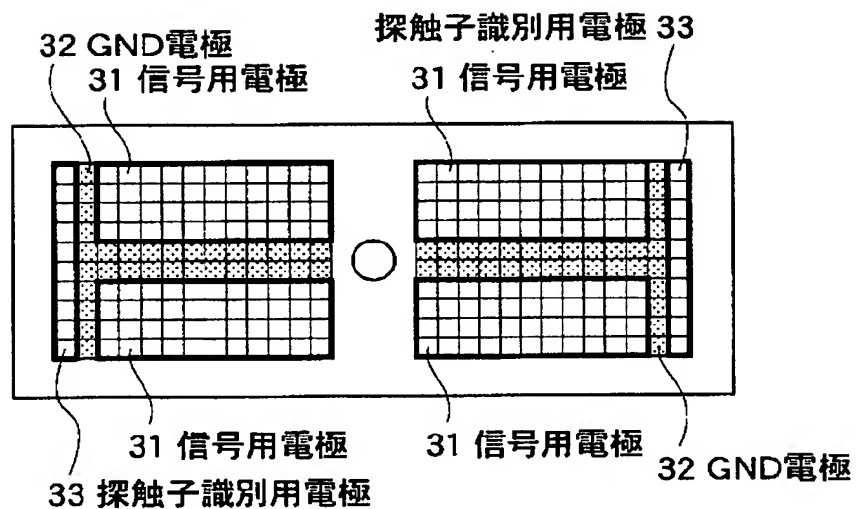
【書類名】 図面

【図 1】

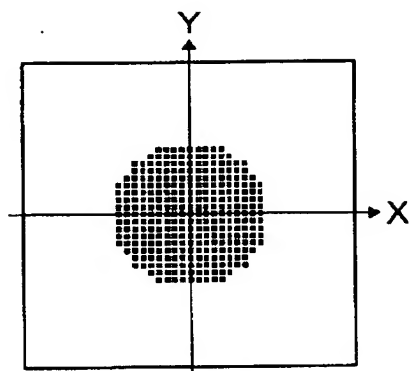


【図 2】

3a又は3b

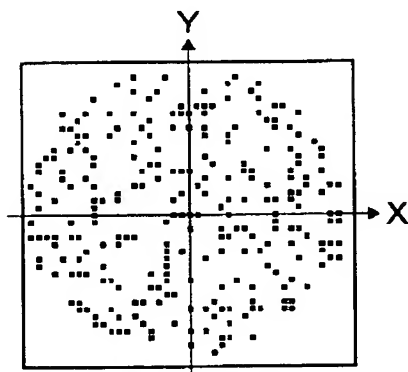


【図 3】



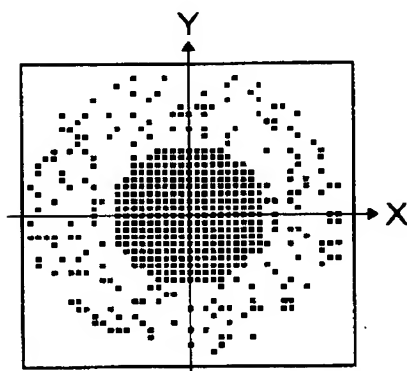
送信用素子の配置パターン

(a)



受信用素子の配置パターン

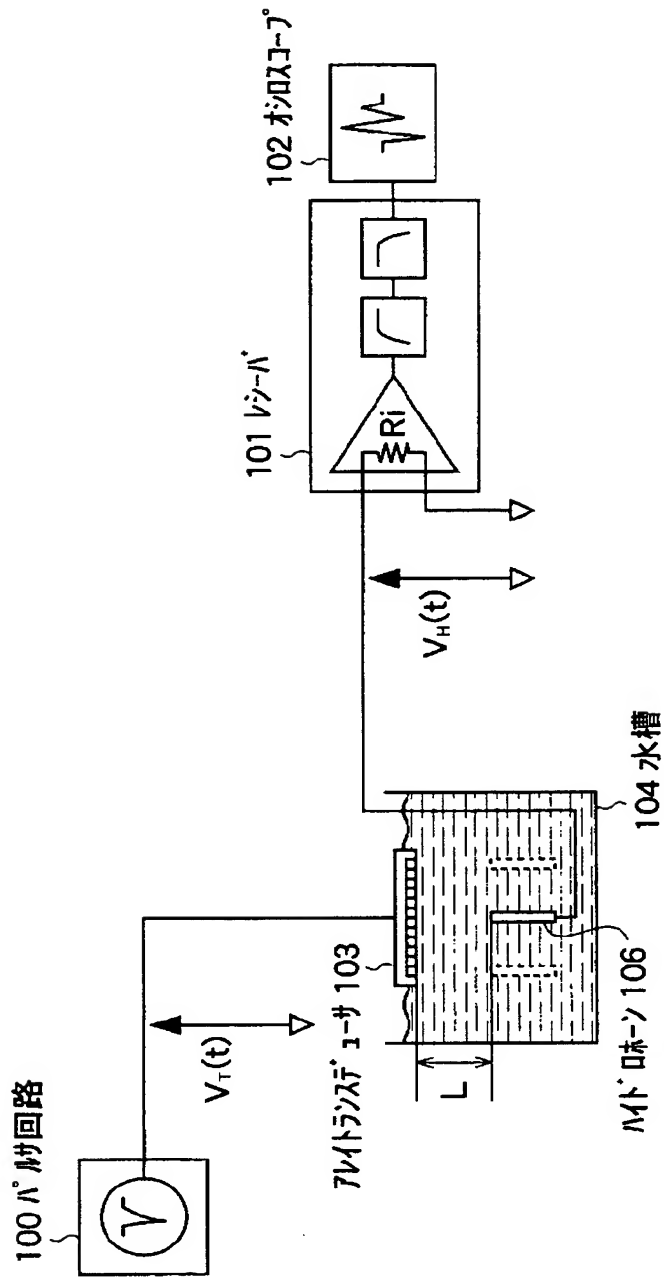
(b)



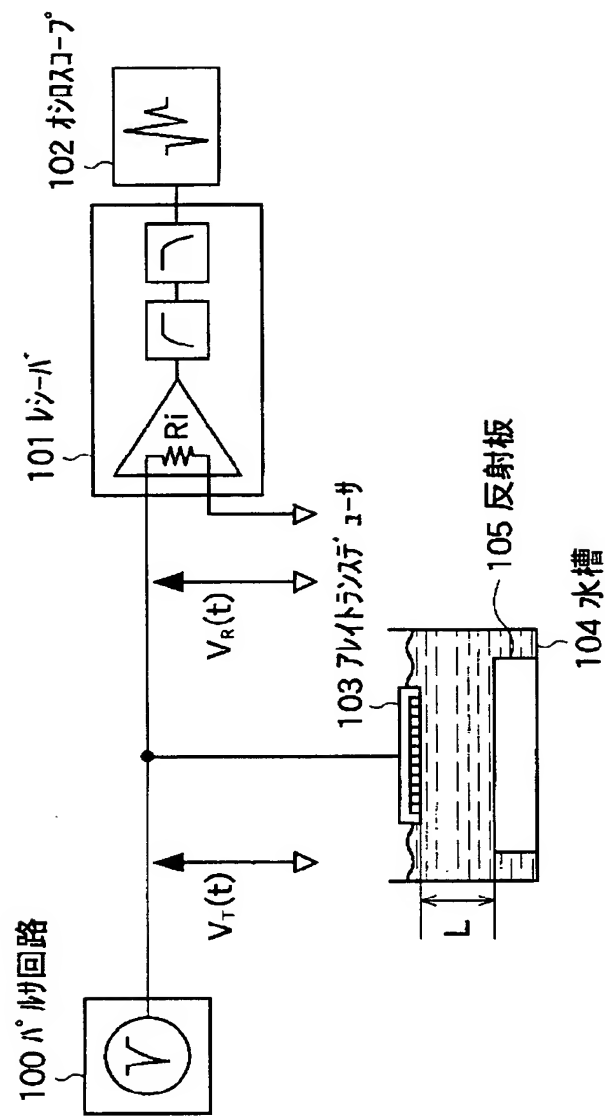
送信/受信用素子の配置パターン

(c)

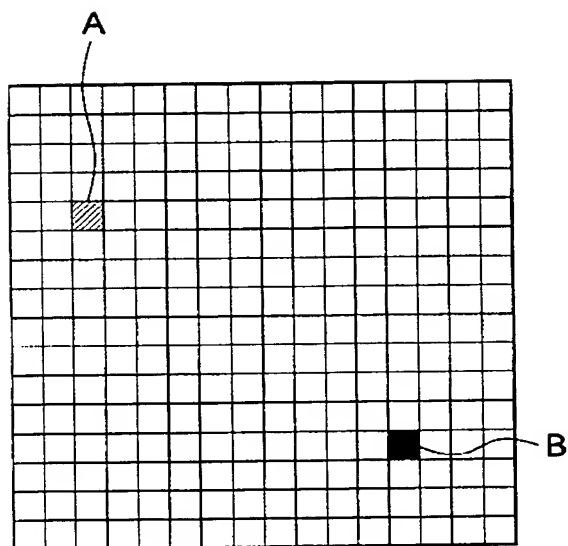
【図 4】



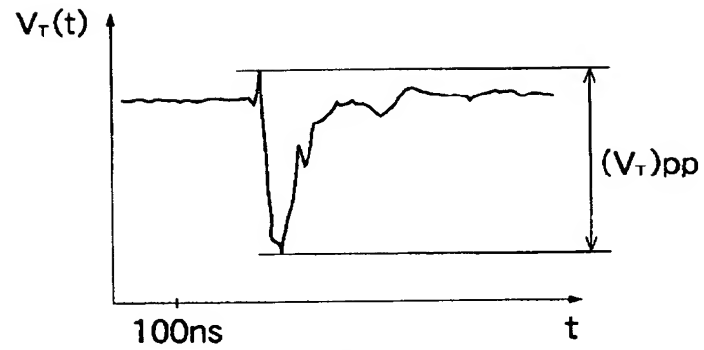
【図 5】



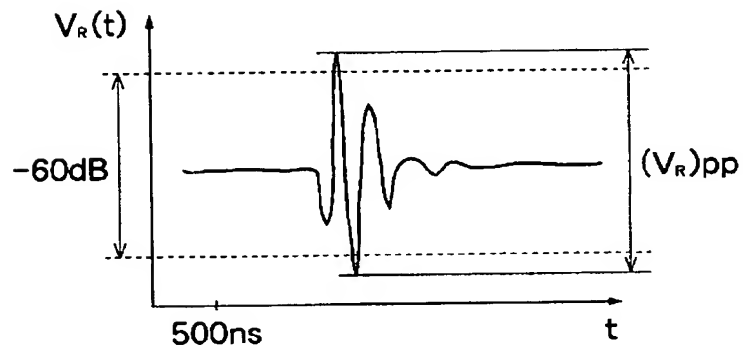
【図 6】



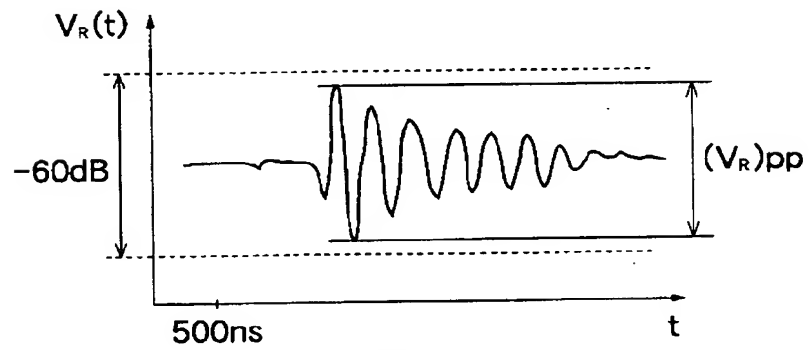
【図 7】



(a)

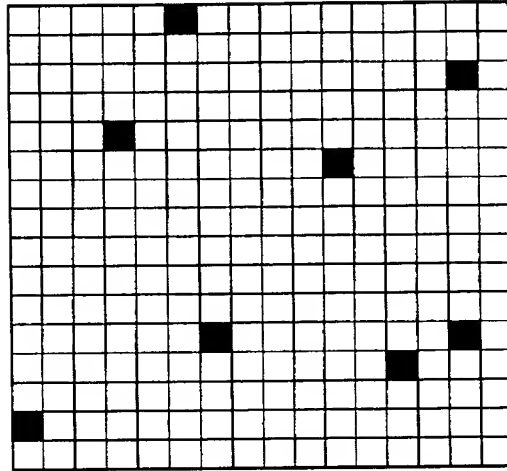


(b)

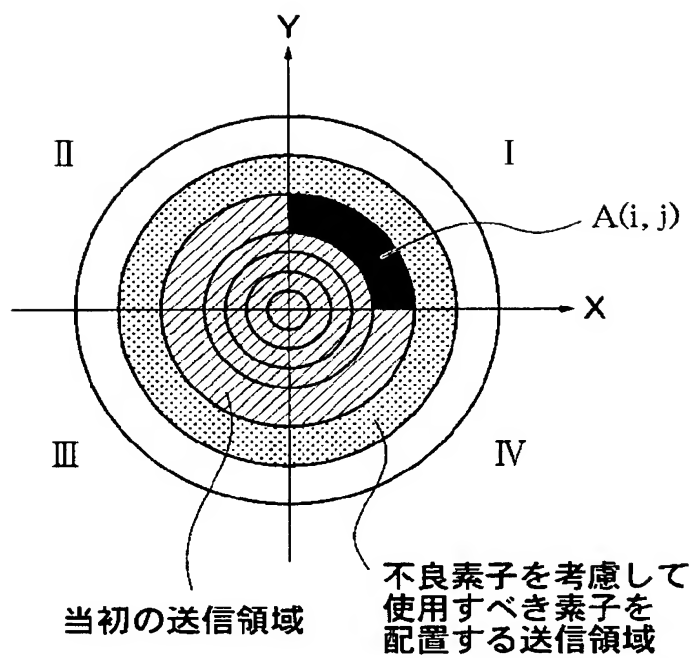


(c)

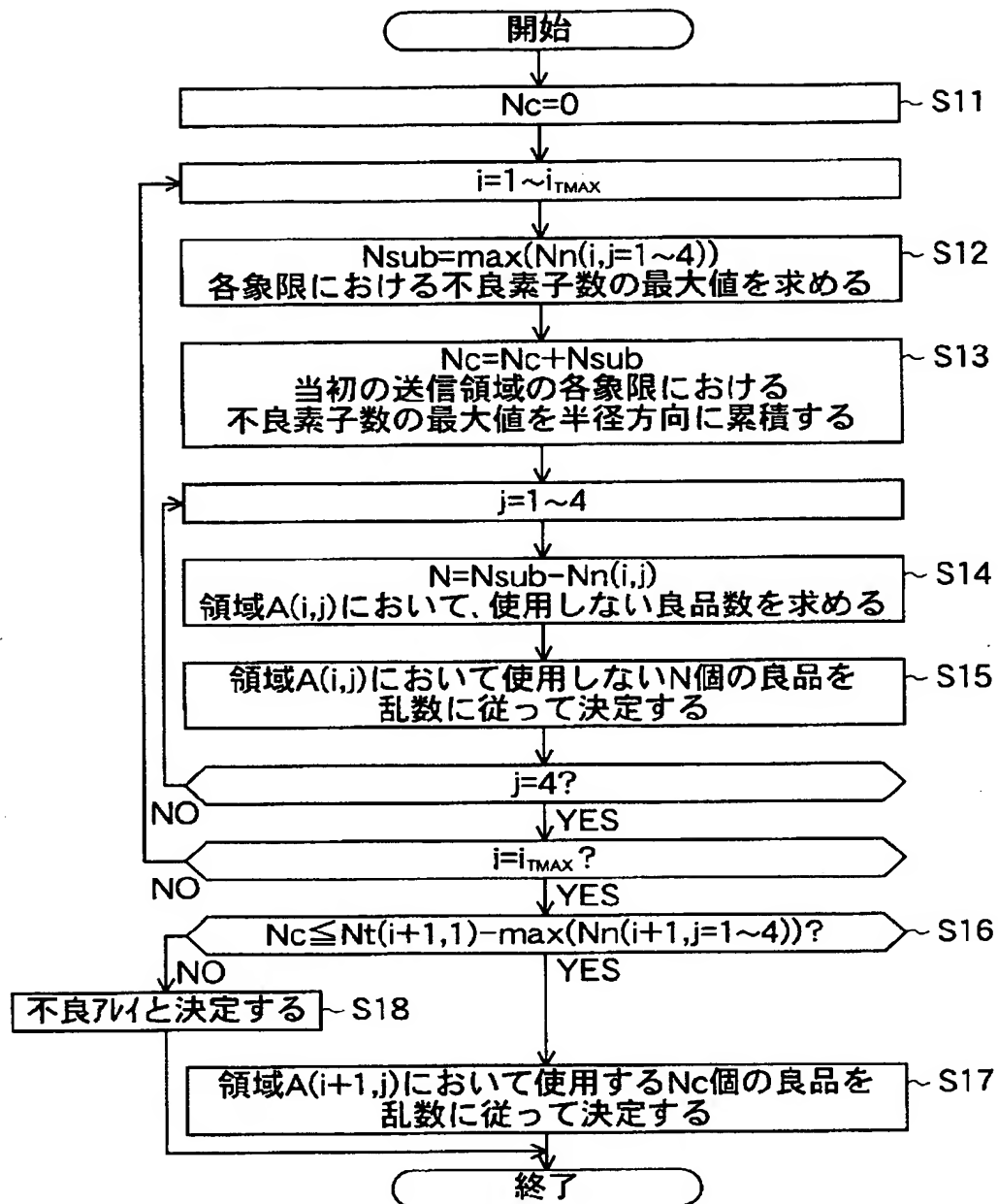
【図 8】



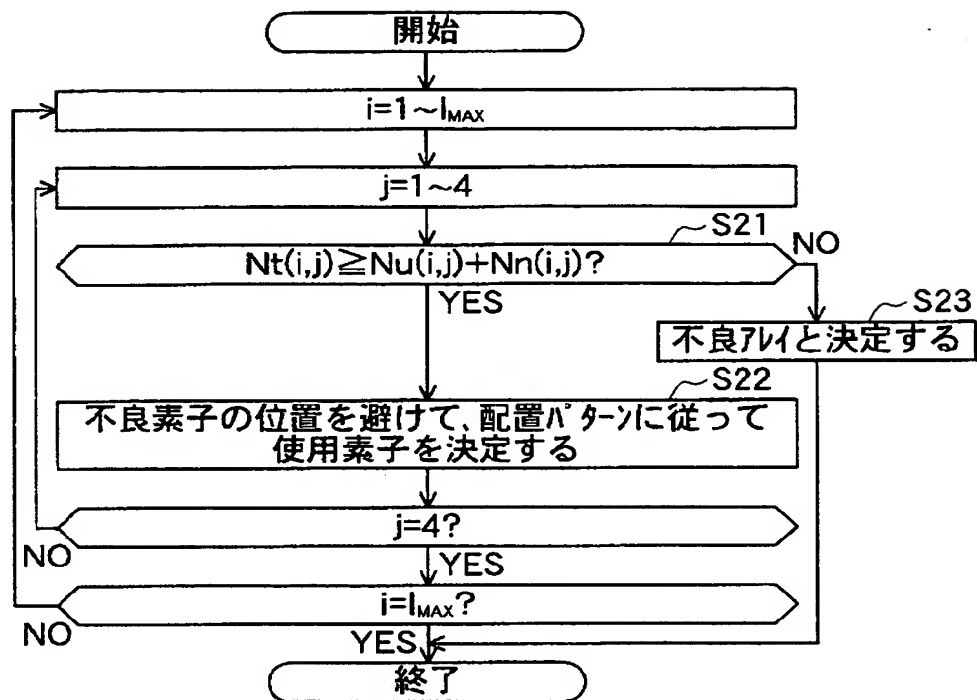
【図 9】



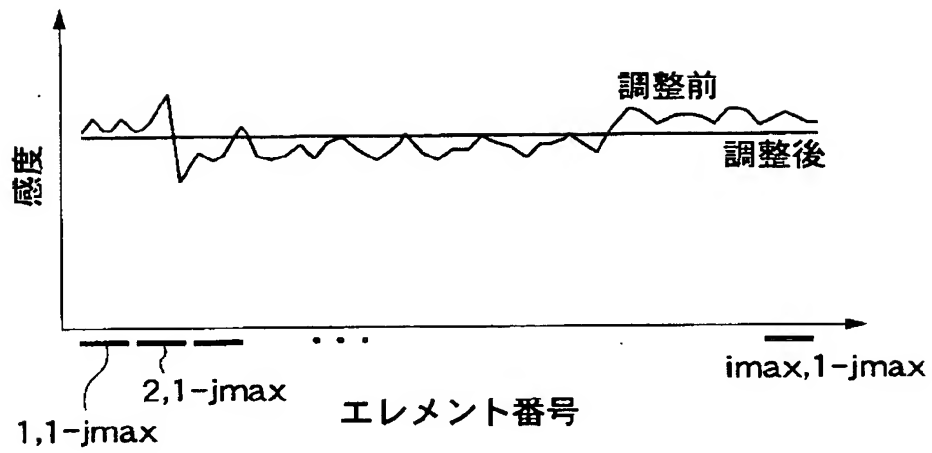
【図 10】



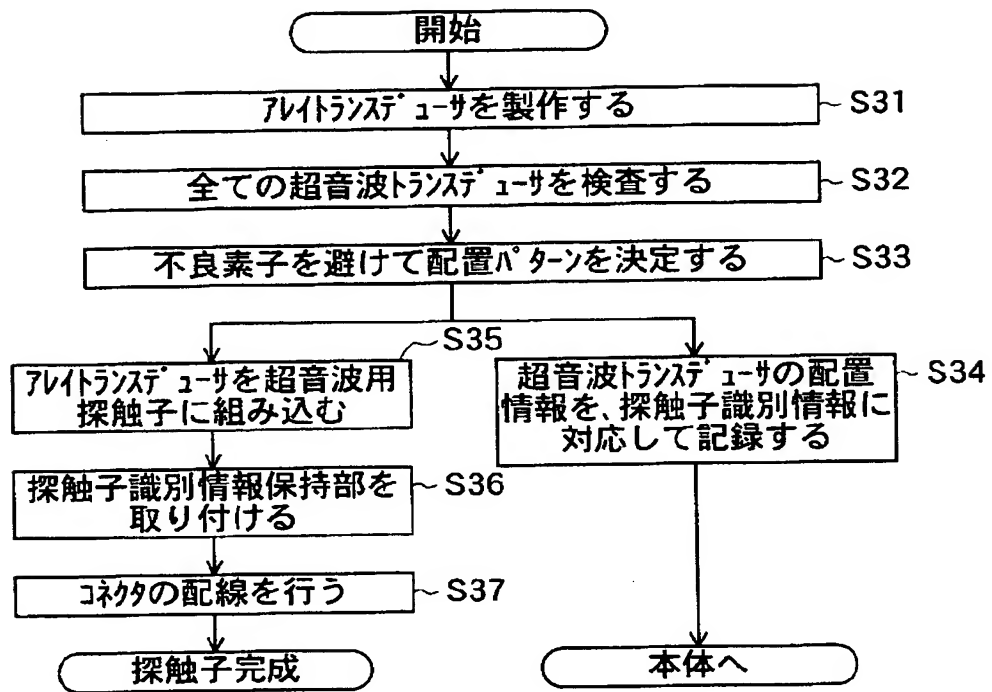
【図 11】



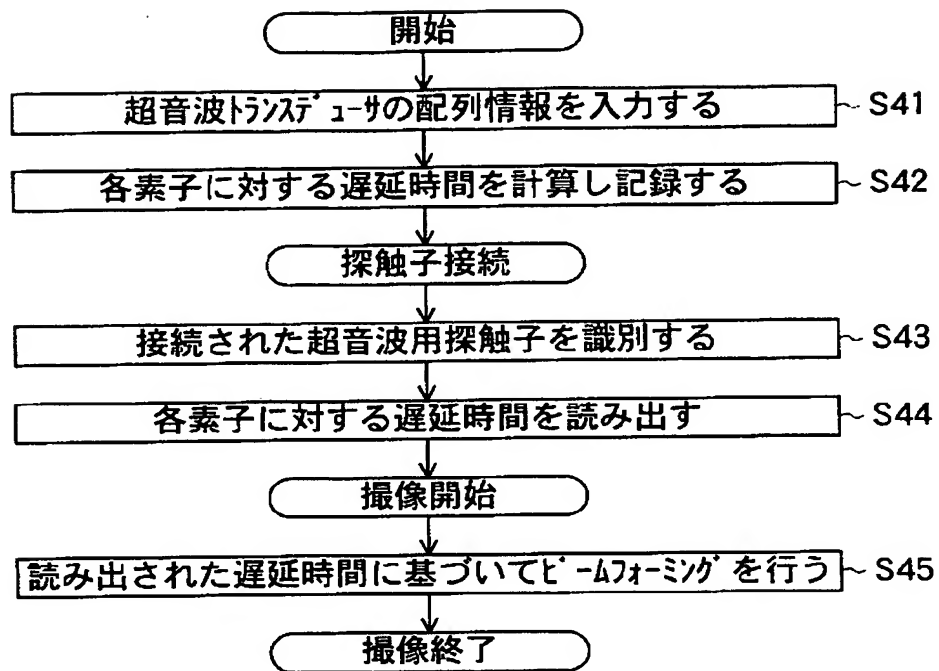
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 仕様を満たさない超音波トランスデューサを含むトランスデューサアレイであっても使用することができ、トランスデューサアレイの製造における歩留まりを向上させることができる超音波用探触子を提供する。

【解決手段】 この超音波用探触子は、外部の装置本体に接続されて使用される超音波用探触子であって、複数の超音波トランスデューサを含むトランスデューサアレイ 11 と、複数の超音波トランスデューサの内の選択された超音波トランスデューサを外部の装置本体に接続するために用いられる接続手段 3、13、14 と、トランスデューサアレイ内における選択された超音波トランスデューサの配置情報及び／又は特性情報に関連付けられた超音波用探触子の識別情報を保持する識別情報保持手段 12 とを具備する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-207853
受付番号	50301362322
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成15年 8月22日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 8月19日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005201
【住所又は居所】	神奈川県南足柄市中沼210番地
【氏名又は名称】	富士写真フイルム株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100100413
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場1-20-10-203 ストークプラザ諏訪台 進歩国際特許事務所
【氏名又は名称】	渡部 温
【選任した代理人】	
【識別番号】	100110777
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場1-20-10-203 ストークプラザ諏訪台
【氏名又は名称】	宇都宮 正明

特願 2003-207853

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005201]

1. 変更年月日

1990年 8月14日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県南足柄市中沼210番地

氏 名

富士写真フイルム株式会社